



A Study on High Performance Control for Industrial Robot Manipulators

著者	蘭 林峰
巻	24
発行年	2014-03-25
その他のタイトル	産業用ロボットマニピュレータの高性能制御に関する研究
学位授与番号	17104甲情工第287号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5224

氏 名	蘭 林峰(中国)		
学 位 の 種 類	博 士(情報工学)		
学 位 記 番 号	情工博甲第287号		
学位授与の日付	平成26年3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	A Study on High Performance Control for Industrial Robot Manipulators (産業用ロボットマニピュレータの高性能制御に関する研究)		
論文審査委員	主 査	教 授	延山 英沢
		教 授	伊藤 博
		教 授	古賀 雅伸
		教 授	瀬部 昇
		客員教授	本田 英己

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究においては産業用ロボットの高速高精度位置決めのための位置指令補間、非干渉化制御及び非線形摩擦の同定に取り組んでいる。

位置指令補間では、産業用ロボットの位置指令補間に最も用いられているスプライン補間手法の欠点に着目し、スプライン補間手法よりも、高精度かつオンラインで位置指令の補間処理ができるような位置指令補間手法を提案した。提案した手法は上位コントローラからの連続した3点の位置指令の情報を用い、簡易関数を用いることで、逐次的な位置指令補間が実現できた。さらに、スプライン補間で問題となるオーバシュート現象がなく、高精度の位置指令補間の実現ができ、位置応答の向上も期待できる。

モデル追従制御を用いた産業用ロボットの非干渉化制御では産業界で広く用いられる汎用サーボ制御システムを有する産業用マニピュレータを対象とし、モデル追従制御を用いた非干渉化制御手法を提案している。従来のフィードバック制御を用いた非干渉化制御は非干渉化制御のための設計がフィードバック入力的设计に依存し、制御システムの安定性も確保しにくいという欠点がある。その問題を解決も含め、本研究ではフィードフォワード的に干渉補償トルクを与え、オブザーバを用いてフィードバック制御ループでモデル誤差を補償するという簡便かつ安定な非干渉化制御を実現できた。

非線形摩擦同定では産業用ロボットのモータと減速機に存在する摩擦をLuGreモデルでモデリングし、LuGreモデルのパラメータの同定手法を提案している。産業用ロボットの1軸分を2慣性共振系システムでモデル化する場合（減速機をばねと見す）、ばね反作用が存在するために、LuGreモデルのパラメータを同定するための一般的な手法は使用できない。そこで、2慣性共振系においてもばね反作用に影響されず、正確にLuGreモデルのパラメータを同定できる手法を提案した。本課題の成果により、産業用ロボットの高精度フィードフォワード補償の実現が可能となる。

本研究の特色は以下の3点;①産業用ロボットの高性能制御を実現するために、ロボットシステムの i) 位置指令発生部、ii) 駆動制御部、iii) ロボット本体機構部の、ロボットシステムの要所3点に着目したこと、②それぞれの課題に関して従来研究を詳細に調査し、比較することによって、独創性を明確にしたこと、③産業界での実用性を考慮にいれ、技術提案をしたこと、にある。

産業用ロボットマニピュレータの高性能制御に関する研究は古くて新しい課題であり、今なお様々な研究成果が報告され続けているが、いまだ議論の余地がある。すなわち、「多品種対応」や「さらなる生産性向上」といった産業界からの要求に対応するためである。そこでまず位置指令に対する工夫を検討し、高速高精度化するうえで無理のない位置指令の生成法を明らかにした。これは従来のスプライン補間との比較を十分に行うことで、本研究における独創性を明確にした。

次に、「多品種対応」という産業界からの要請によりロボットマニピュレータの機構が複雑化したために、今まで以上に問題視されている軸間の干渉問題に取り組んだ。これについては、実用性・実現性を加味し、産業界で広く用いられている1軸汎用サーボコントローラを用いたロボットマニピュレータシステムでも用いることができる、2自由度型の制御アルゴリズムを提案した。これにより、多軸コントローラでなくとも、1軸汎用サーボコントローラにより、高精度な位置決め制御を実現することができる。

さらに、2自由度制御系を用いる際に問題となる制御対象のモデルについて、垂直多関節型が多い産業用ロボットマニピュレータでは必ず使用される減速機における摩擦の問題に取り組んだ。最近のロボットマニピュレータの研究では、1軸分のモデルをいわゆる2慣性系（モータ+ばね（減速機）+アーム）として扱うのが一般であり、かつ摩擦についても様々なモデルが提案されているが、今回はLuGreモデルを用いることとし、従来では同定できなかった2慣性系の1次側摩擦（モータ+減速機）の同定法に取り組んだ。良好な結果を得ることができ、今後の摩擦補償法の可能性を広げた。

以上のように本研究は、独創性を有するだけでなく、実用性に着眼した、産業界への貢献度の高い研究である。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員会において、摩擦モデルにおけるパラメータの影響についてどう考えるか、フィードバック全体ではなく外乱オブザーバの性能だけ考えた場合は十分な性能が出ているか、オーバーシュートをさせないための方法は別に考えることもできるのではないか、などについて質問がなされたが、いずれも論文提出者から満足な回答が得られた。また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。